

Elektromanyetizmanın Öyküsü

İlk Kuvvolum

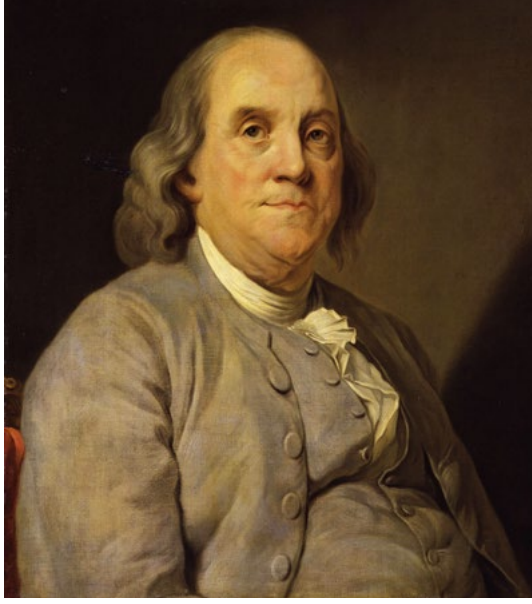
Bu öykü, başlangıcı eski çağlara kadar uzanan, doğanın asırlarca karanlıkta saklanmış gizemli yüzünün aydınlatılmasının öyküsüdür. Evren denen kozmik ağacın en güzel meyvesi olan yaşamı en derinden etkileyen, hatta yaşamlarımızı borçlu olduğumuz elektromanyetik kuvvetin öyküsü... Üstelik bu kuvvet tüm fiziksel kavramlar arasında hakkında en çok şey bildiğimiz, en kolay kontrol ettiğimiz ve modern çağın şekillenmesinde en etkili olan bilimsel olgu.



Milattan öncesine kadar giden uzun bir dönem boyunca Yunanlar kehribarın bir kumaş parçasına sürtünmesiyle küçük nesnelere çekme yeteneğini kazandığını biliyordu. Bunun nedeni yüzlerce yıl bir sır olarak kaldı. 1600'lerde William Gilbert kehribar anlamına gelen Yunanca ἤλεκτρον (elektron) sözcüğünden esinlenerek "elektrik" sözcüğünü üretmişti. 1700'lere gelindiğinde ise Batı Avrupa'da -özellikle İngiltere'de- statik elektrik üreten basit aletler ile gösteriler yapan sokak illüzyonistleri türemişti. Kıvılcıklar oluşturuyor, hafif cisimleri hareket ettiriyor, vakumlu cam tüpleri elektrikle yükleyip ellerini yaklaştırarak elleriyle tüp arasında garip ışıkların yayılmasını sağlıyorlardı. Kendine elektrikçi diyen bu yeni meslek erbabından birisi, ürettiği statik elektriği metal tellerle farklı yerlere aktarabileceğini bile keşfetmişti. İşi daha ciddiye alan ve elektriğe akademik bir hevesle yaklaşan kimileri, elektrik denilen şeyin su gibi akışkan bir varlık olduğuna hükmetti. Bunlardan birisi Hollandalı Musschenbroek idi. Madem elektrik akışkan bir şeydi, pekâlâ su

gibi depolanabilirdi. Leiden'de uzun uğraşlar sonucu statik elektriği içi su dolu bir kavanozda depolamayı başarmıştı (1745). Tarihe ilk kapasitör olarak geçen bu basit buluş, suyun içine sarkıtılmış metal bir tel ve kavanozun iç ve dış yüzeylerini kaplayan ince metal iki tabakadan ibaretti. Ancak o güne dek hiç görülmemiş şekilde, elektrik günlerce o kavanozun içinde saklanabiliyor ve güçlü kıvılcıklar oluşturmak gibi masum deneylerde kullanılabiliyordu. Musschenbroek'un buluşu, o güne dek görülmemiş bir hızla dünyanın dört bir yanına yayıldı. Teknolojinin küreselleşmeye yatkınlığı ta o günlerde kendini belli etti. Artık elektriği sokaktaki performans sanatçılarının elinden alıp üniversitelerin kürsülerine taşıma zamanı çoktan gelmişti. Farklı ortamlarda elden ele dolaşan bu basit icat, elektriğin başka özelliklerini de gün yüzüne çıkarttı. Örneğin kap ile toprak bir şekilde temas ettirildiğinde, elektrik kıvılcıkları daha şiddetli oluyordu. Nasıl olurdu da kabın içindeki elektriğin yere akmasına izin verildiğinde ortaya daha büyük elektrik yükü çıkardı?





Benjamin Franklin

Elektrik demişken Benjamin Franklin'e uğramadan edemeyiz. Yeni kıtanın, diplomatlıktan sivil aktivistliğe, bilim insanlığından mucitliğe pek çok kimliği bünyesinde eritmeyi başaran bu parlak beyni, gökyüzünde gördüğümüz şimşekleri bulutlar arasında akan devasa elektrik arkları olarak tanımlamıştı (1750). Hatta bunun için birtakım deneyler de önerdi. Onun adını duyunca hemen gözümüzde canlanan bir resim var: Elinde uçurtmasıyla yıldırım kovalayan Franklin. Aslında bu bir efsane olsa da, yine de bu olgunun fikir babası Franklin'dir. Deney ise 1752'de Fransız'da gerçekleştirildi. François Dalibard ve Comte de Buffon Paris'in kuzeyindeki evlerinin bahçesine 12 metre uzunluğunda metal bir çubuk dikti. Şayet yıldırım Franklin'in düşündüğü gibi saf elektrik ise, metalin altına kurulan düzlemlerle Leiden kavanozlarını elektrikle dolduracaktı. Sabırlı bir bekleyişin ardından bir yıldırım yakalamayı başardılar ve tam da umdukları gibi, elektrik şişelerde depolandı. Böylece tarihteki ilk yıldırımsavarın uygulaması da gerçekleşmiş oldu. Yüzyıllardır ulvi anlamlar yüklenen yıldırım, sürtünmeyle oluşan elektrikten başka bir şey değildi! Bu durum akıllı bir bilim insanının gözünde şimşek ve yıldırım gibi doğa olaylarını küçültmez; aksine şevkle bu olguların gizemlerini çözmek için laboratuvara yönlendirir.

Benjamin Franklin, elektriğin depolanabileceği fikriyle birden kendini çok mutlu hissetmişti. Kim bilir belki de ekonomi bilgisinin de etkisiyle, elektriğin pozitif veya negatif olarak biriktirilebileceğini düşündü. Tıpkı bankaya para yatırmak (pozitif durum) veya bankaya borçlanmak (negatif durum) gibi.

Böylece tarihte ilk defa elektrik için artı ve eksi yük terimlerini kullanan kişi oldu. Franklin'in o sırada elektrik yükünü taşıyan parçacık kavramından neredeyse 150 yıl uzakta olduğunu düşünürsek, bu ufku çok geniş bir dehaya işaret eder. Franklin bir adım öteye giderek, elektrik yükünün korunduğunu öne sürdü ve bunu Leiden kapları kullanarak deneylerle ispatladı. Fizikte pek çok yerde karşımıza çıkan korunum yasalarının ilki de böylece deneysel temel kazanmıştı.

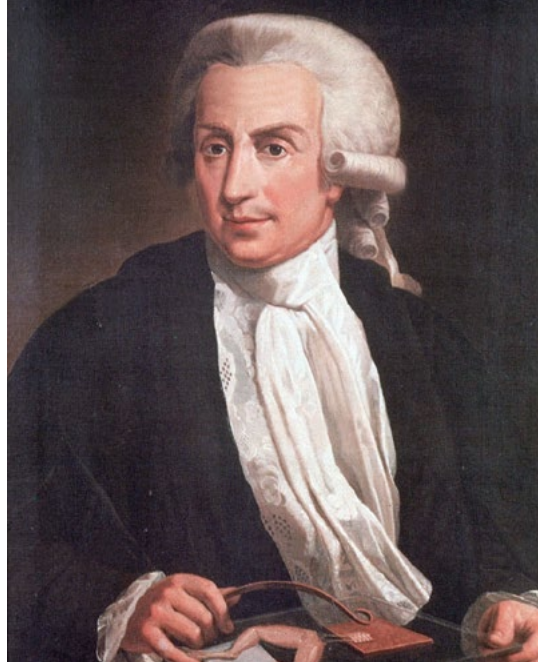
Sonraki yıllarda Güney Avrupada elektriğin hayvan vücutları üzerindeki etkisine kafa yoran bilim insanları ortaya çıktı. Örneğin Bologna'da anatomi uzmanı olan Luigi Galvani, kurbağalar üzerinde yaptığı deneylere dayanarak canlıların da elektrik ürettiğini söylüyordu. Galvani'ye göre bu bildiğimiz anlamda bir elektrik değil, hayvan elektriği olarak adlandırdığı başka bir şeydi. Kilisenin de etkisiyle bunu ruhla ve metafizikle ilişkilendirmekten çekinmedi. Galvani'nin çalışmaları, Pavia Üniversitesi'nden Alessandro Volta'yı -kendisi de Katolik olmasına rağmen- rahatsız etmişti. Kurbağa üzerinde yapılan deneyleri inceledi ve farklı metaller arasında oluşan ilginç bir bağlantı keşfetti. Galvani kurbağa deneylerini yaparken farklı metaller kullanmıştı. Hangi dürtüyle yaptı bilemiyoruz ama Volta farklı metallerin tadına bakmaya başladı. Bir çözeltinin içinde farklı iki metal arasında çok zayıf da olsa elektrik üretilebildiğini gördü. Bu zayıf elektriğin, nasıl Leiden kabındaki gibi güçlü bir etkiye sahip hale getirilebileceği üzerine odaklandı. Çözümü ise gazetelerde bahsini okuduğu, elektrik üreten balıklarda buldu. Torpedo balıklarının incelediğinde sırtlarındaki bölmeli kısım dikkatini çekmişti. Hemen bakır ve çinko parçalarından oluşan ve çözeltiyle ayrılmış, birbirini tekrar eden katmanlar oluşturdu. Elde ettiği elektrik hem çok güçlü, hem de uzun süreliydi. Galvani'nin iddia ettiği gibi hayvan elektriği diye bir şey değildi bu. Farklı metaller arasında görülen bir özellikti. Galvani'nin hayvan vücutlarının ürettiğini sandığı şeyi, aslında farklı metaller arasındaki potansiyel fark ürettiyordu. (Daha sonraları Volta'nın hatırasını yaşatmak için elektrik potansiyel farkı birimi Volt olarak adlandırıldı.) Volta insanlık tarihindeki en büyük keşiflerden birini yapmıştı. Mekanik enerji gerektirmeden elde edilebilecek saf bir elektrik kaynağını, tarihteki ilk pili icat etmişti. Volta'nın icadı kimyada da devrime yol açtı. Örneğin suya Volta pili ile elektrik verildiğinde su iki farklı bileşene ayrılarak farklı iki gaz (oksijene ve hidrojene) dönüşüyordu. Yeni kimyasal elementler, endüstride farklı uygulamalar, güç ve zenginlik: Alessandro Volta, her şeyi değiştirdi.



Volta'nın ürettiği ilk kimyasal pil



Alessandro Volta



Luigi Galvani

19. yüzyıla girerken Volta pilleri bilim insanlarının yeni gözdesi oldu. 1808 yılında İngiltere'de devrinin en meşhur bilim insanlarından Humphry Davy, yüzlerce Londralının önünde o güne dek hiç görülmemiş bir gösteri yaptı, Asitler ve metaller kullanarak yaptığı, genişçe bir salon büyüklüğünde bir alanı kaplayan dev bir Volta pili ile iki karbon çubuktan oluşan deney düzeneğiyle müthiş parlak bir elektrik arkı oluşturdu. Elleriyle tuttuğu karbon çubuklara elektrik verip onları birbirine değdirdiğinde insanoğlunun o güne dek üretebildiği en parlak manzara ortaya çıktı. Âdetâ gökteki şimşekleri iki elinin arasına hapsedivermişti. Gökyüzünün görkemli şimşekleri öfkeli meleklerin kırbaçları olmaktan çıkmış, insanoğlunun kontrol edebileceği bir olgu oluvermişti. Davy bu gösteriyle belki de farkına varmadan bizleri yepyeni bir çağa götüren bir adım attı. Elektrik çağı başlıyordu. Orada bulunan, İngiltere'nin kalburüstü sınıfından yüzlerce insan, işte o an elektriğin gücüne inanmıştı. O günün insanı elektrikten o kadar etkilenmişti ki, sözgelimi elektrik verilen cansız vücutların hareket etmesi elektriğin diriltici gücü olduğuna inanmalarını bile sağlamıştı. 1818 yılında henüz 20 yaşında olan Mary Shelley tarafından yazılan Frankenstein öyküsünün kaynağı da tam olarak buydu.

Her şeye rağmen insan türünü bekleyen en büyük sürprizlerden biri henüz gerçekleşmemişti. O güne dek doğada keşfedilen garip bir madde özellikle coğrafi keşiflerde büyük rol oynamıştı. Kadim Çin'de bile bilinen bu siyah madde kuzey ve güney kutupları gösteriyordu, ama yaygın olarak bir ci-

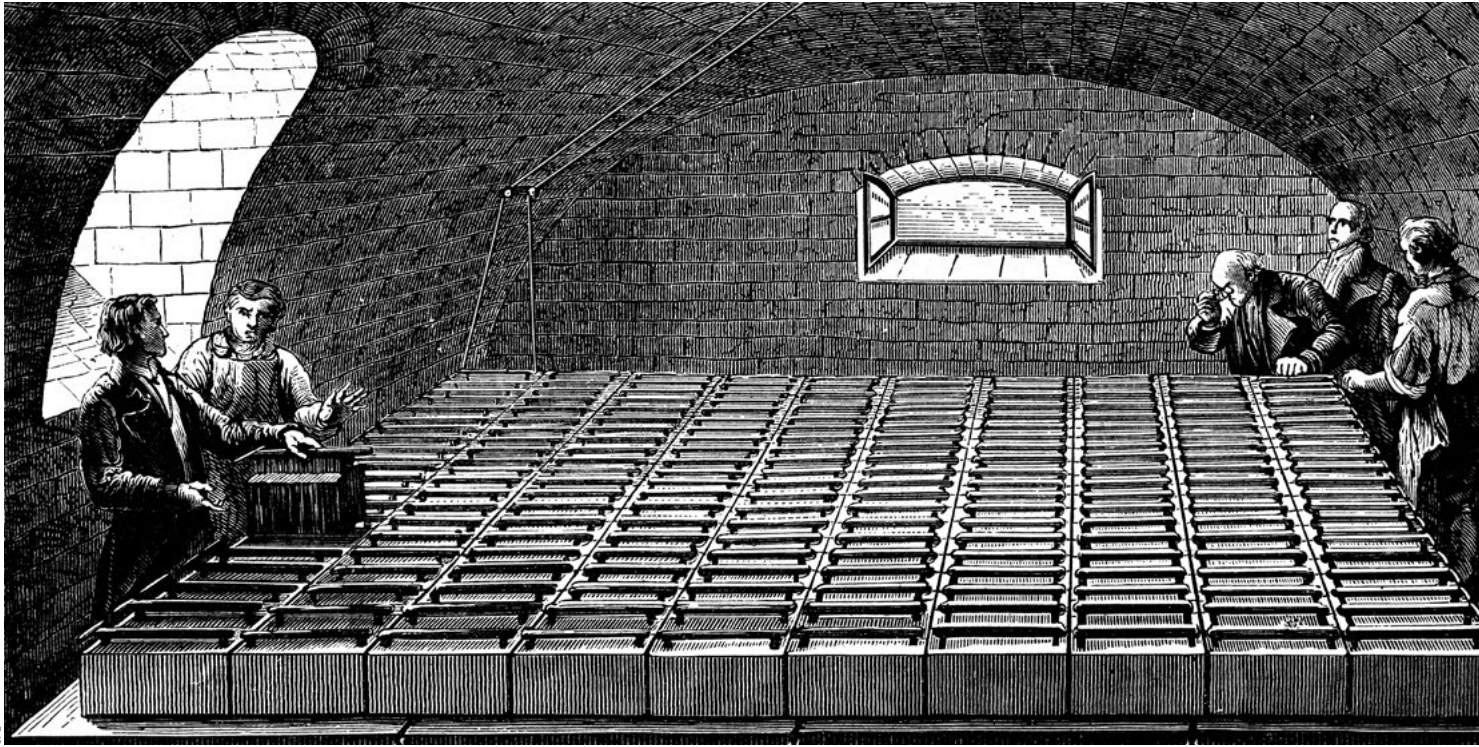
hazda kullanılması coğrafi keşiflerin hemen öncesine denk geldi. Miknatıs olarak bildiğimiz bu maddenin iki parçası yan yana getirildiğinde aynı kutbu gösteren uçlar birbirini itiyor, zıt kutupları gösteren uçlar ise birbirini çekiyordu. 1780'lerde Fransız fizikçi Charles Coulomb hem elektrik kutupların hem manyetik kutupların fiziksel özelliklerini incelemiş, meşhur Coulomb yasasını kaleme almıştı ama bu ilginç iki doğal olgunun bağlantılı olabileceği nedense hiç kimse tarafından düşünülmemişti. Ta ki 21 Nisan 1820'ye kadar. O gün, Danimarkalı kimyager ve fizikçi Hans Oersted, bir ders esnasında akım taşıyan bir telin yakınındaki pusulanın kıvılcıdadığını fark etti. Gerçi Oersted'den birkaç yıl önce İtalyan araştırmacı Gian Romagnosi'nin elektrik ile manyetizmanın ilişkili olduğuna dair iddiaları İtalyan gazetesinde yer almıştı, fakat dünya bu bağlantının keşfini akademik disiplin çerçevesinde Oersted'e borçludur. Romagnosi asıl uzmanlığı felsefe ve iktisat olan, meraklı bir adamdı. Statik elektriğin pusulayı saptırdığını gözlemiş ve bunu çevresine anlatmıştı. Oersted ise yıllarca miknatıslarla elektrik akımı taşıyan teller üzerine yoğunlaşmıştı. Önceleri elektrik akım taşıyan tellerin tıpkı etraflarına ısı yaymaları gibi, manyetik bir alan da yaydıklarını düşündü. Dikkatli gözlemleri sonucu, oluşan manyetik etkinin şeklinin dairesel olduğunu gördü. Tam da o yıllarda, Paris'te bir matematikçi olan André-Marie Ampère'e bir arkadaşı Oersted'in çalışmalarını göstermişti. Elektrik ile manyetizma arasında da bir bağlantı olması Ampère'i derinden etkiledi.



William Gilbert



Humphry Davy



Davy'nin gösterisinde kullandığı dev Volta pilil

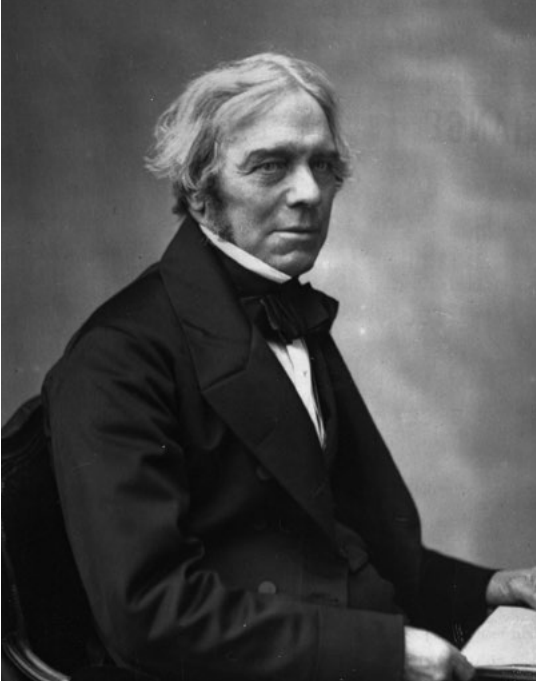
Nadir rastlanan yeteneğiyle bu ilişkinin matematiksel bir altyapısı olması gerektiğini hemen anlamıştı. Hatta deneysel fizik konusunda kollarını sıvadı ve akım taşıyan iki telin birbirlerine tıpkı mıknatıslar gibi çekme-itme kuvveti uyguladığını keşfetti. Bu, hayatlarımızı esir alacak elektrodinamiğin ayak sesleriydi. Kullandığı büyülü matematik dilinin ve deneylerinin birleşmesiyle ortaya çıkan sonuç, kendi adıyla anılan, Ampère yasası diye bildiğimiz fizik ilkesi oldu.

Ampère'le birlikte modern elektrik biliminin temelleri atılıyordu, fakat insan dehasının en nadide örnekleri henüz sahne almamıştı. 1812 yılında İngiltere Kraliyet Enstitüsü'ne 20 yaşında bir genç gelmişti. Doğru düzgün bir üniversite eğitimi görmemiş bu genç dâhi, bilime tutkuyla bağlıydı. Michael Faraday isimli bu delikanlı, yıldırım adam Humphry Davy'nin deneylerini görmüş ve büyülenmişti; her nasılsa kendini ona yakın bir asistanlık konumunda buldu. Davy'nin etkisiyle kimyanın hemen hemen her alanında çalıştı. Davy sadece elektrik arkları oluşturup eğlenceli gösteriler yapmakla kalmıyordu, kimyanın pek çok alanında usta bir bilim insanıydı. Farklı metallerden alaşımlar üretmek konusunda da mahirdi. Ama Faraday'ın nefesini kesen konular tabii ki görünmez kuvvetler olan elektrik ve manyetizmaydı. Faraday, Oersted'in elektrikle manyetizmayı ilişkilendiren deneyini İngiltere'de tekrarladığında henüz 20'li yaşlarını doldurmamıştı. Daha ileri gidip basit bir metal halka, cıva ve elektrik akımı taşıyan bir kablo kullanarak tarihin ilk elektrik akımı

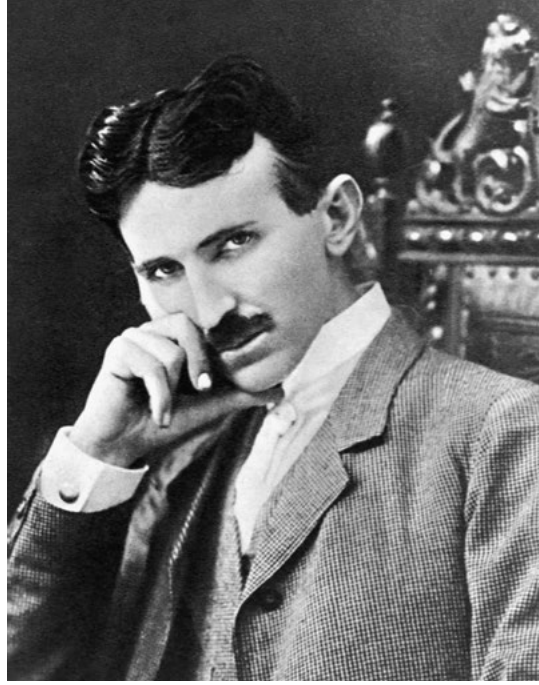
kullanan motorunu da üretmeyi başarmıştı. Elektrikten mekanik hareket elde etmek müthişti. Birbirinden tamamen bağımsız üç kavramın oluşturduğu bir üçgende buluverdi kendini: Elektrik, manyetizma ve hareket. Faraday'ın bu noktadan sonra tek hedefi manyetizma ve hareketi kullanarak elektrik üretmektir. Bu, Volta'nın başarısından sonraki en heyecan verici bilimsel meydan okumaydı. 1831'de bir iletken bobinin içinde mıknatısı hareket ettirince, bobinde elektrik akımı oluştuğunu gördü. Bu kuşkusuz bilim tarihinin en önemli anlarından biriydi. Bu deneyin farklı versiyonları üzerinde çalıştı. Manyetik alan içinde döndürdüğü metal diskin dış yüzeyi ile merkezi arasına bağladığı telde akım üretmeyi başarmıştı. Bu, bildiğimiz anlamda ilk elektrik jeneratörüydü. Volta'nın kimyasal elektrik kaynağının yanı sıra artık Faraday'ın mekanik elektrik kaynağı da vardı. Ne yazık ki buhar çağını yaşayan o günün girişimcileri Faraday'ın elektrik enerjisine yatırım yapacak kadar öngörülü olamadı. Bu iş için dünya Tesla gibi sıradışı bir girişimciyi beklemeliydi. Ama elektrik ile manyetizma arasındaki bağlantı kullanılarak ilk elektromıknatıslar üretildi ve telgrafın icadı bu basit nesnelere dayandı. Enerjide olmasa bile iletişimde yeni bir dönem başlamıştı. Elektromıknatıslar birbirinden kilometrelerce uzak iki nokta arasında 1840'larda Samuel Morse'un icat ettiği haberleşme diliyle anında iletişim kurulmasını sağladı. 1850'lerin sonunda Yeni Dünya ile Avrupa arasına okyanus boyunca kablolar döşendi. Kraliçe Victoria'nın ABD Başkanı'na



Oersted'in manyetizma ile elektriğin ilişkisini gözlemlediği an



Michael Faraday



Nikola Tesla

deniz aşırı ilk mesajı yaklaşık 100 kelimedenden oluşuyordu ama bu mesajın iletilmesi 16 saat sürmüştü! Bugünün her biri akıllı telefon uzmanı olan gençlere gülünç gelse de, aylar süren iletişimi sadece birkaç saate düşüren bu yöntem tüm insanlığı değiştirecek çapta bir başarıydı.

Michael Faraday'a gelince... O tarihin gördüğü en muhteşem deneyçilerden biri olarak şükranla anılmayı hak ediyor. Yaptığı deneylerle elektrik ve manyetizma arasındaki muhteşem bağlantıya dikkat çekmeyi başardı. Hareket ve elektromanyetizmanın birbirine dönüşebileceğini gösterdi. Hatta deneysel fizikte öyle aşkın bir konumdaydı ki, çok erken bir dönemde manyetik alanın ışığı doğrudan etkilediğini keşfeden ilk kişi oldu. Elektroliz üzerine yoğun çalışmalar yaptı. Anot, katot, elektrot ve iyon gibi terimlerin yaygınlaşmasını sağladı. Kimyasal keşifleri (örneğin benzen) ve kimyasal tepkimeler konusunda yürüttüğü çalışmalar, akademik başarılarının içinde küçük ayrıntılar olarak kalıyor. Yaptığı buluşların bilim ve sanayideki ağırlığını düşününce, tüm zamanların en büyük bilim insanlarından birisi olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. İyi bir matematik bilgisinin olmaması tek kusuruydu. Elektromanyetizma hakkında elde ettiği veriyi matematikle yorumlamayı başaramadı. Tüm notlarında ve çizdiği sembolik elektromanyetik alan çizgilerinde bir matematik dehası beklentisini sezmemek mümkündü; sanki tüm çalışmalarını kendinden sonra gelecek dâhi bir mirasçının hünerli ellerine emanet eder gibiydi.

Çünkü bilim dünyasında gerçek bilgelik, deneysel sonuçları matematiksel bir dille açıklamayı başarmakta gizlidir.

Michael Faraday'ın Londra Kraliyet Enstitüsünde verdiği bir ders



Kaynaklar

- Lienhard, J. H., *Engines of Our Ingenuity*, Bölüm 741, <http://www.uh.edu/engines/epi741.htm>
- Al-Khalili, J., *Shock and Awe: The Story of Electricity - The Age of Invention*, BBC Four, 6 Kasım 2011.
- Seeger, R. J., "Michael Faraday and the Art of Lecturing", *Physics Today*, Cilt 21, Sayı 8, s. 30, 1968.
- Martins, R. A., Resistance to the discovery of electromagnetism, <http://ppp.uniprv.it/Collana/Pages/Libri/Saggi/Volta%20and%20the%20History%20of%20Electricity/V&H%20Sect3/V&H%20245-265.pdf>
- Thidé, B., *Electromagnetic Field Theory*, <http://www.physics.irfu.se/CED/Book/index.html>
- Uçurtma deneyi, http://ethw.org/Kite_Experiment